

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE RECURSOS
HÍDRICOS - INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

CID ANTÔNIO MORAIS JÚNIOR

ÁGUA É AGRO? ÁGUA É TEC, ÁGUA É POP, ÁGUA É TUDO!
ÁGUA É *TAMBÉM NITRATO.*

Belo Horizonte

2018

CID ANTÔNIO MORAIS JÚNIOR

Água é agro? Água é tec, água é pop, água é tudo! Água é também nitrato:

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Pós-graduação Lato Sensu em Gerenciamento de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos, ICB, UFMG.

Belo Horizonte

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - UFMG

2018

CID ANTÔNIO MORAIS JÚNIOR

**ÁGUA É AGRO? ÁGUA É TEC, ÁGUA É POP, ÁGUA É TUDO!
ÁGUA É TAMBÉM NITRATO:**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Pós-graduação Lato Sensu em Gerenciamento de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos, sob a orientação do Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto-Coelho.

Belo Horizonte

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - UFMG

2018

CID ANTÔNIO MORAIS JÚNIOR

**ÁGUA É AGRO? ÁGUA É TEC, ÁGUA É POP, ÁGUA É TUDO!
ÁGUA É TAMBÉM NITRATO:**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Pós-graduação Lato Sensu em Gerenciamento de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto-Coelho
Universidade Federal de Minas Gerais
Orientador.

Prof.Dr. José Fernandes Bezerra Neto
Universidade Federal de Minas Gerais
Revisor.

Belo Horizonte

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - UFMG

2018

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Francisco Antônio Rodrigues Barbosa, coordenador do curso, pela oportunidade e aprendizado e incentivos. Aos professores do programa do curso pela atenção e oportunidade de novos aprendizados.

Aos Professores. Dr. Ricardo Motta Pinto-Coelho e Dr. José Fernandes Bezerra Neto, pelo aceite e disponibilidade em orientar e supervisionar este trabalho respectivamente. Também pela compreensão da importância deste tema e incentivos constantes durante o andamento da pesquisa.

A secretária do curso Sra. Maria das Graças J. Barbosa, pela atenção e suporte logístico do curso. E ao grande apoio a todo instante durante o mesmo.

A minha esposa Gladys de Sousa pela compreensão das ausências vez outra necessária para a conclusão dos trabalhos das diversas disciplinas, pela conversão do resumo para o inglês e incentivo constantes.

Aos colegas de turma que foram muito solícitos em momento de grande dificuldade, principalmente Carolina Cramer, que me deu um grande apoio quando ninguém mais acreditava.

A minha vontade em aprender.

RESUMO

Esta pesquisa é de levantamento de dados científicos com o objetivo de alertar sobre os riscos à saúde e os efeitos da presença do nitrato na água potável.

O jargão “agro” inconscientemente vende outra imagem aos brasileiros, pois o cerce que é a água, não participa do processo uma vez que não entra nos custos para exportação de diversas commodities seja na agricultura, pecuária e mineração.

Para isto vamos discorrer sobre o ciclo hidrológico, o ciclo do nitrogênio, a importância do nitrogênio no ecossistema.

Fizemos uma abordagem da crise hídrica como está a escassez de água em alguns países e também no Brasil. Como a legislação está normatizando o uso das águas no país de acordo com suas classes para abastecimento humano. O que a legislação versa no controle de níveis máximos permitidos para íons nitrato em água destinada ao abastecimento. Contaminação dos recursos hídricos por nitrato, principalmente os aquíferos de reserva. Qual o impacto do nitrato na saúde humana. O alerta do Instituto Nacional do câncer. O que se tem feito para extração do íons nitrato em água de abastecimento público.

Palavras chave: nitrato; cancer; íons; agro; água.

JÚNIOR, Cid A. Morais. Água é agro? Água é tec, água é pop, água é tudo! Água é também nitrato. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais.

ABSTRACT

The use of nitrogen-based fertilizers has significantly increased in Brazil. Consequently nitrate leaches away into the rivers, lakes and other watercourses and by percolation reaches the groundwater. All of which is financed by the great agribusiness industry using slogans such as "agro is tec, agro is pop, agro is everything". In fact, this is a huge exportation of agricultural commodities. Through this practice we the soils, aquifers, water courses and fruits.

Consumption of good quality drinking water is essential for human health. Human beings in their adult stage are made up of 65% on average by water. There is a worldwide concern regarding the preservation of this resource for the future consumption of several generations. Among the various contamination and pollution problems related to the quality of water intended to human consumption I highlight the nitrate ion (NO_3) present in the water.

The nitrate present in the water used for human supply causes the formation of nitrosamines and nitrosamides when ingested. These are carcinogenic chemical compounds. Even though they are found in some food, it is in the water that happens the biggest contamination process on an everyday bases. This fact greatly enhances the effects of nitrate in the human organism after many decades of use.

This research is a scientific survey with the objective of alerting the community about the risks and effects of the presence of nitrate in drinking water to human health.

What would be the challenges for the implementation of means to reduce or remove this nitrate ion from water bodies destined for human supply?

Keywords: nitrate; cancer; ions; agro; Water.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formas e estados de oxidação do nitrogênio inorgânico.....	21
Tabela 2 – Exemplos de disponibilidade (Reservas) e consumos de água de alguns países	26
Tabela 3 - Disponibilidade hídrica em alguns estados do Brasil	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma Metodologia.....	17
Figura 2 - Ciclo Hidrológico.....	18
Figura 3 - Ciclo Nitrogênio.....	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA	-	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPASA	-	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
GPS	-	Sistema de Posicionamento Global
INCA	-	Instituto Nacional de Câncer
metHb	-	Metemoglobina
NID	-	Nitrogênio Inorgânico Dissolvido
NO ₂	-	Nitrito
NO ₃	-	Nitrato
NOD	-	Nitrogênio Orgânico Dissolvido
NOP	-	Nitrogênio Orgânico Particulado
PNRH	-	Política nacional dos Recursos Hídricos
SNRH	-	Sistema Nacional de Recursos Hídricos
UFMG	-	Universidade Federal de Minas Gerais

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	13
JUSTIFICATIVA	15
OBJETIVO GERAL	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
METODOLOGIA.....	17
1 – CICLOS E NITRATO.....	18
1.1 Ciclo - Hidrológico	18
1.2 - <i>Ciclo do Nitrogênio</i>	19
1.3 - <i>Nitrogênio e suas formas</i>	20
1.4 - <i>Nitrogênio (nitrito e nitrato) e importância no ecossistema</i>	22
1.5 - <i>Nitrato no mundo</i>	23
2 - DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	25
2.1 – <i>Escassez hídrica</i>	27
2.2 - <i>Aqüíferos de reserva e contaminação por nitrato no Brasil</i>	28
3 - NORMATIZAÇÃO DAS ÁGUAS NO BRASIL.....	30
3.1 - Política Nacional dos Recursos Hídricos – PNRH.....	30
3.1.1 - <i>Qualidade e classificação das águas lei 9433/77</i>	30
3.2 - <i>Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 020/86</i>	30
3.3 - <i>Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 357/05</i>	31
3.5 - <i>Comparação dos avanços normativos: Fósforo versus Nitrato</i>	32

3.6 - Alterações Normativas para limite máximo de nitrato	33
4 - NITRATO E SAÚDE HUMANA.....	34
4.1 - <i>Nitrato sua entrada no organismo</i>.....	34
4.2 - <i>Nitrato e a síndrome do bebê azul</i>	35
4.3 - <i>Nitrato e câncer</i>	37
4.3.1 - <i>Indicadores do Instituto Nacional de Câncer</i>	38
5 - EXTRAÇÃO DO NITRATO DA ÁGUA	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES AOS GESTORES DAS ÁGUAS NO BRASIL.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

INTRODUÇÃO

O uso de fertilizantes à base de nitrogênio aumentou bastante no Brasil, conseqüentemente aumentando também a lixiviação do nitrato para os rios, lagos e outros cursos d'água pela percolação, atingindo os lençóis freáticos. Tudo isto financiado pela grande indústria do agronegócio com o lema “*agro é tec, agro é pop, agro é tudo*”, uma mega exportação de commodities agrícolas. Desta forma poluímos o solo, aquíferos, cursos d'água e frutos.

O consumo de água potável e de boa qualidade é essencial para a saúde humana. Seres humanos em sua fase adulta são constituídos em média de 65% de água. Existe uma preocupação mundial em relação à preservação deste recurso para o consumo futuro das várias gerações. Dentre os vários problemas de contaminação e poluição relacionados à qualidade de água destinada ao consumo humano destaco o íon nitrato (NO_3) presente na água.

O nitrato presente na água destinada ao abastecimento causa a formação de nitrosaminas e nitrosamidas quando ingerida. Esses são compostos químicos cancerígenos e apesar de serem encontrados em alguns alimentos é na água do dia-a-dia que ocorre a maior contaminação, potencializando, em muito, os efeitos do nitrato no organismo humano.

Necessário também definir quais seriam as linhas de gerenciamento hídrico ambiental para retirar ou mitigar a presença deste íon na água destinada ao abastecimento humano. Antes, iremos abordar alguns conceitos e situações importantes para compreensão da complexidade deste processo.

1. Ciclos hidrológico e do nitrogênio;
2. Importância no nitrogênio ecossistema;
3. Disponibilidade da água no mundo e no Brasil;
4. Escassez hídrica no Brasil;
5. Contaminação recursos hídricos por nitrato;
6. Normatização da água e teor de nitrato;

7. Saúde humana e nitrato;

8. Instituto Nacional de Câncer e nitrato.

- Saúde humana: É o conjunto de sinais e sintomas específicos que afetam o ser vivo;
- Doença: É a ausência de saúde;
- Segurança alimentar: Garantir todas as condições de acesso a alimentação básica de qualidade, em quantidade suficiente, de modo permanente sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais com prática alimentar saudável;
- Segurança hídrica: Assegurar o acesso sustentável à água de qualidade em quantidade adequada à manutenção do meio de vida;
- Qualidade de água: conjunto de características físico, química e biológicas que ela apresenta de acordo com sua destinação;
- Poluição: qualquer alteração provocada do meio ambiente em ecossistema natural, agrário e urbano mesmo em pequena escala;
- Contaminação: introdução no meio ambiente de organismo patogênico, substância tóxica ou radioativa nociva à saúde dos seres humanos.
- Poluição das águas: qualquer alteração de suas propriedades químicas, biológicas e físicas capaz de pôr em risco a saúde.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através de sua resolução número 357, de 17 de março de 2005, qualifica os corpos de água não somente no momento atual em que se encontram, mas, nos níveis de qualidade que deveriam ter a fim de atender as necessidades da comunidade, visando à saúde e o bem-estar da população que usufrui desta água.

Esta resolução classifica três tipos de águas: águas doces, salobras e salinas que são subdivididas em treze classes de qualidade. As águas doces se classificam em classe especial, classe 1, classe 2 e classe 3 – todas destinadas ao abastecimento humano. Esta forma de enquadramento sob a qual as águas são classificadas facilita a fixação e controle de metas que atingem a qualidade ambiental exigido para um corpo de água. Desta forma, visam à proteção da saúde e garantia de um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

JUSTIFICATIVA

O presente trabalho que surgiu a partir de minha carreira profissional, onde com a minha experiência em mais de 20 anos como técnico de laboratório e mais tarde como biólogo, no Laboratório de Gestão Ambiental de Reservatórios (LGAR) do Instituto de Ciências Biológicas (ICB), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sempre me intrigou na minha rotina analítica do laboratório os constantes problemas de “contaminação” do branco. O branco é um tubo controle das análises que não deveria conter nitratos, ou seja, (apresentar cor) obviamente, mas freqüentemente mostrava-se “contaminado” às vezes com concentrações ainda maiores do que os padrões mais fracos.

A reação de cor do tubo branco, durante as análises de nitrato em amostras de águas de diversas análises de reservatórios em localidades de Minas Gerais e mais tarde de amostras de água potável da região de Belo Horizonte, deveria ser zero com cor transparente, porém apresentava na maioria das análises a cor rosada, ou seja, evidenciando a presença de nitrato.

Esse problema da reação de cor do tubo-controle branco nos motivou a desenvolver a pesquisa, uma vez que tais reações de cor nos levam a supor que a água de abastecimento esteja contaminada por nitrato (NO_3^-). Este trabalho de pesquisa laboratorial de campo foi detectado a presença de nitrato na água potável em todas as amostras coletadas. Os valores encontrados foram abaixo do limite máximo regulamentado pelos órgãos de normatização. O maior valor encontrado de nitrato foi de 0,55 mg/l na região central de Belo Horizonte e o menor foi de 0,14mg/l na região sul.

Após associações de minha experiência profissional com informações teóricas, percebi uma lacuna em nossa política pública voltada a gestão de recursos hídricos sobre a presença do íon nitrato (NO_3^-) na água destinada ao abastecimento humano e a correlação com o câncer e seus riscos á saúde.

OBJETIVO GERAL

Divulgar os problemas relacionados à contaminação por nitrato em águas para abastecimento no sentido de fomentar mais trabalhos e pesquisas para resolução deste problema ambiental e de saúde pública que se trata da ingestão de íons nitrato por meio da água de abastecimento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Realizar pesquisa bibliográfica sobre a presença de íons nitrato em água de abastecimento e os possíveis efeitos a saúde humana da ingestão desta água ao longo dos anos e possível correlação entre o câncer de estômago e gastrointestinal;

b) Informar à comunidade científica, ao Ministério da Saúde e à COPASA, dos resultados desta pesquisa bibliográfica sobre os riscos à saúde e a presença de nitrato em água destinada ao abastecimento humano. Desta forma, despertar o olhar para mais estudos a serem empregados por estes órgãos para mecanismos e tecnologias para remoção deste íon na água destinada ao abastecimento.

METODOLOGIA

Realizamos uma compilação de artigos que falam a cerca das normativas que regulam as classes de água, quantificação máxima de nitrato presente em água para abastecimento. Destacando a importância deste nutriente no meio ambiente dentro da limnologia. Seus efeitos nocivos ao Ser Humano através de pesquisas na literatura. Juntamente com os últimos levantamentos de dados de incidência de câncer de estômago e gastrointestinal no Brasil através de pesquisa no site do Instituto Nacional de Câncer. A partir e todos estes documentos, levantamentos e também a base teórica fornecida por algumas disciplinas do curso de Gestão de Gerenciamento Hídrico, formulamos uma análise crítica a cerca deste tema, compondo a estruturação desta monografia.

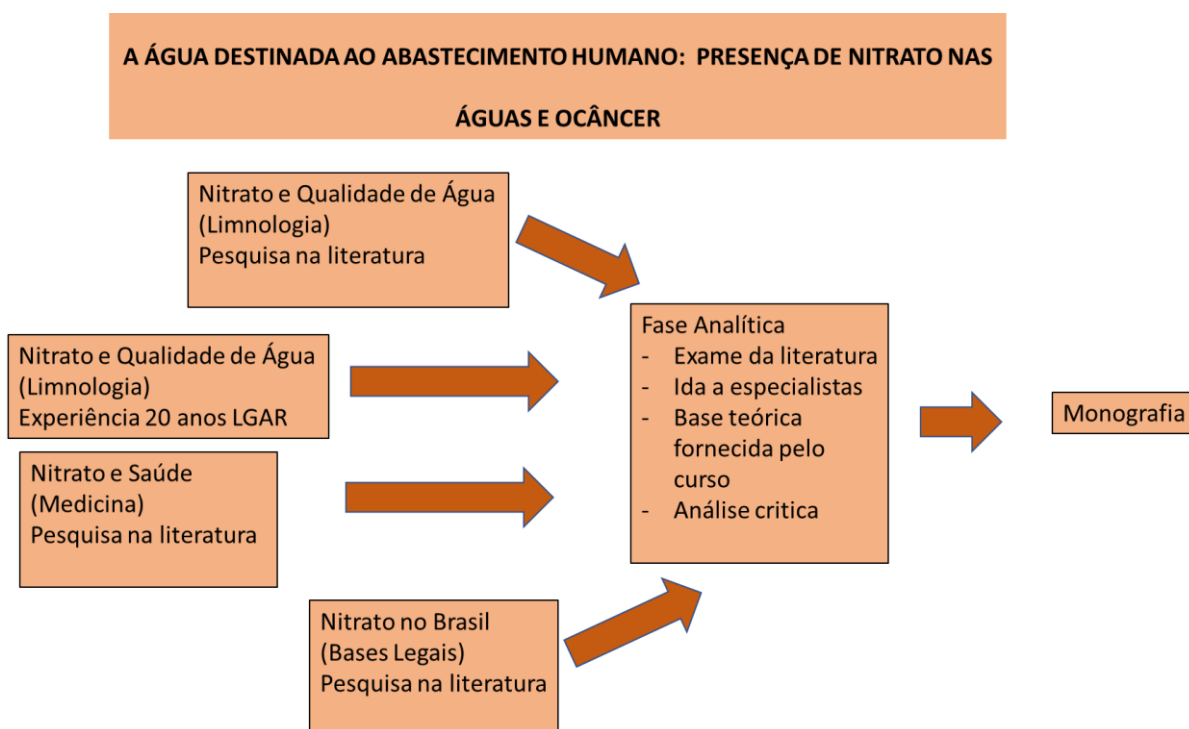


Figura 1- Fluxograma Metodologia

1 – CICLOS E NITRATO

1.1 Ciclo - Hidrológico

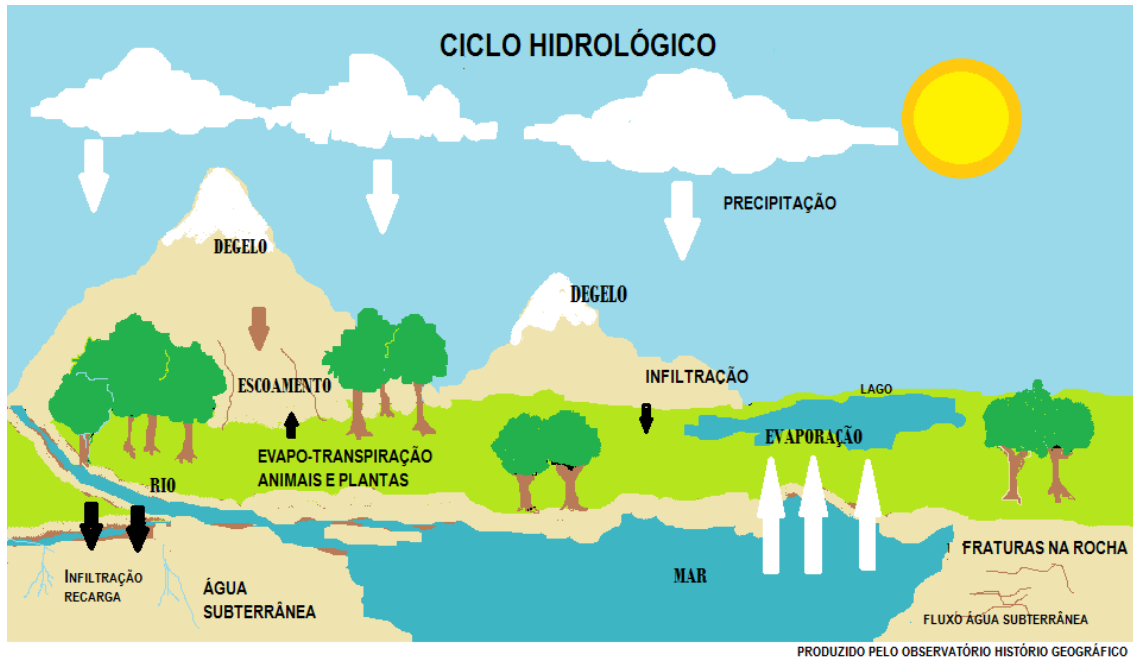


Figura 2 - Ciclo Hidrológico

Fonte: <http://obshistoricogeo.blogspot.com/2016/02/ciclo-hidrologico-ou-da-agua-omovimento.html>

Ao movimento contínuo da água no planeta damos o nome de ciclo hidrológico. A água nunca irá acabar, porém, movimentos realizados pelo homem irão fazer a translocação deste recurso para outras partes do planeta. Criando enormes áreas de desertificação. Movimentos estes como transposição de rios, exportação de commodities sejam agrícolas, minerais e pecuárias que em grande escala quebram o ciclo natural da água que ocorre pela força da gravidade em rios oceanos e mares, o sol com a evaporação e atmosfera que propiciando a formação de chuvas seja na forma líquida ou granizo ou neve reabastece o solo do planeta.

Ao longo deste ciclo, os rios, mares e lençóis freáticos estão recebendo grande carga de um nutriente chamado nitrato (NO_3^-).

1.2 - Ciclo do Nitrogênio

O nitrogênio é encontrado na atmosfera na forma de N_2 e compõe cerca de 78% do ar. Apesar da grande disponibilidade, poucas espécies são capazes de utilizá-lo como as bactérias e cianobactérias. Esta capacidade de fixação do N_2 é de grande importância para que este feche seu ciclo físico-químico. Ele faz parte da constituição de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos.

Nitrogênio é um elemento de grande importância nos ecossistemas aquáticos devido a sua participação na formação das proteínas que é um componente básico da biomassa. Uma das formas sob a qual o nitrogênio está presente é na forma de íons nitrato (NO_3^-).

O ciclo do nitrogênio inicia-se com a transformação do N_2 na atmosfera para outros compostos nitrogenados, a esta fase chamamos de fixação. Esta fixação pode ser física ou biológica. A física ocorre quando faíscas elétricas como relâmpagos entram em contato com o N_2 atmosférico formando a amônia. A fixação biológica ocorre por micro-organismos como bactérias do gênero *Rhizobium* que convertem o N_2 gasoso em amônia (NH_3) ou íons amônio (NH_4^+).

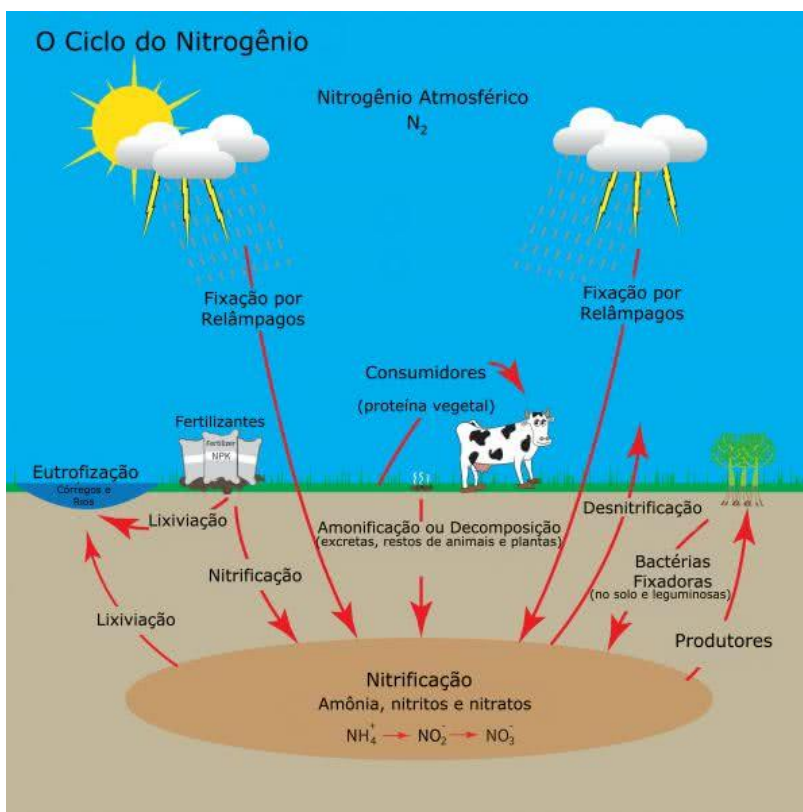


Figura 3 - Ciclo Nitrogênio

Fonte: <https://biologianet.uol.com.br/ecologia/ciclo-nitrogenio.htm>

Conforme Tundisi & Tundisi (2008, 290): "... os principais processos que envolvem o ciclo do nitrogênio na água são: fixação do nitrogênio (N) – N_2 (gás) e energia química são transformados em amônio; nitrificação – formas reduzidas, como amônio, são transformados em nitrito ou nitrato; desnitrificação – nitrato, por redução, é transformado em N_2 (gás); assimilação – nitrogênio inorgânico dissolvido (amônio, nitrato ou nitrito) é incorporado em compostos orgânicos; excreção – animais excretam o nitrogênio sob a forma de amônio, uréia ou ácido úrico”.

1.3 - Nitrogênio e suas formas

Esteves & Amado (2011, p. 240) comentam que: “As principais fontes de N para os ecossistemas aquáticos continentais são a fixação biológica de nitrogênio (processo de transformação de N_2 em N biológico), chuvas, tempestades atmosféricas de raios (fornecem energia suficiente para combinar nitrogênio e oxigênio molecular e formar nitrato), aporte orgânico e inorgânico a partir de ecossistemas adjacentes e, atualmente em grande escala, pelo aporte de afluentes domésticos e industriais não tratados ou parcialmente tratados nos corpos d’água. Dentro dos ecossistemas podemos classificar as formas de N nas seguintes categorias: N orgânico particulado sob a forma de organismos (bactérias, fitoplâncton zooplâncton, peixes, etc.) ou detritos (NOP, 17 normalmente compostos com tamanho superior a 0,2 ou 0,45 μm , de acordo com a convenção de estudos), N orgânico dissolvido (NOD) sob a forma de compostos de lixiviados (aminoácidos, peptídeos, purinas, etc.; em geral substâncias polares que são solúveis em água, compostos de tamanho inferior a 0,2 ou 0,45 μm), a partir de organismos senescentes ou mortos como macrófitas aquáticas e organismos fitoplanctônicos. Por fim, o N inorgânico dissolvido (NID) pode ser encontrado sob a forma de nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O) e nitrogênio molecular (N_2)”.

Tabela 1 - Formas e estados de oxidação do nitrogênio inorgânico.

Forma	Fórmula	Estado de oxidação
Amônia	NH ₃	-3
Íons amônio	NH ₄ ⁺	-3
Nitrogênio gasoso	N ₂	0
Íon nitrito	NO ₂	+3
Íon nitrato	NO ₃	+5

Fonte: Adaptado de Van Haandel & Marais, (1999).

Nas águas subterrâneas é originado principalmente da aplicação de fertilizantes nitrogenados, tanto inorgânicos, como proveniente de esterco animal; deposição atmosférica; esgoto doméstico, bem como lixiviação de áreas agrícolas e lixões (FRANCA, 2006).

Se tratando de águas subterrâneas, Santos (2008, p. 336) chama atenção que “O nitrato ocorre em geral em pequenas concentrações, representando o estágio final da oxidação da matéria orgânica. Teores acima de 5 mg/l pode ser indicativo de contaminação da água subterrânea por atividades antrópicas, tais como esgotos, fossas sépticas, depósitos de lixo, cemitérios, adubos nitrogenados, resíduos de animais, etc. Os resíduos de produtos protéicos provenientes de esgotos, fezes, etc., são ricos em nitrogênio e se decompõem em nitratos na presença de oxigênio, de acordo com o ciclo do nitrogênio (nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato). A oxidação do amoníaco (NH₃) para nitrito (NO₂) ocorre com a participação de bactérias especializadas do grupo nitrossomonas. A oxidação do nitrito para nitrato (NO₃) requer a participação de bactérias autótrofas do grupo nitrobactérias. A presença de nitrito (NO₂) na água subterrânea é um indicativo de poluição recente. As águas subterrâneas apresentam, geralmente, teores de nitrato no intervalo de 0,1 a 10 mg/L, porém, em águas poluídas, os teores podem chegar a 1.000 mg/L. A água do mar possui em torno de 1 mg/L”.

Atualmente os ambientes estudados abrangem todos os tipos de água interiores: lagos, lagoas, lagunas, reservatórios, rios, açudes, represas, riachos, brejos, páreas inundáveis, águas subterrâneas, coleções de água temporárias e nascentes. A compartimentação das áreas do conhecimento limnológico levou à criação das linhas de pesquisa relacionadas ao estudo do ambiente lacustre, dos

aspectos abióticos da coluna de água e das propriedades dinâmicas da disponibilidade de luz, estratificação térmica e química.

Uma das linhas de pesquisas mais importantes em Limnologia busca compreender as inter-relação entre os fatores físico-químicos e o meio biótico nos mais diferentes tipos de ambientes aquáticos. Ultimamente, muitos estudos aplicados da Limnologia buscam descrever os impactos da civilização humana no funcionamento dos ecossistemas aquáticos. Um bom exemplo pode ser visto na caracterização do estado de eutrofização de um dado corpo de água. A eutrofização pode ser descrita fundamentalmente pelas alterações que causa nos ciclos biogeoquímicos de elementos limitantes tais como o nitrogênio e o fósforo. A partir desse conhecimento podemos desenvolver e aplicar medidas preventivas e/ou corretivas para o controle, prevenção e preservação da qualidade da água, particularmente a contaminação por nitratos.

1.4 - Nitrogênio (nitrito e nitrato) e importância no ecossistema

O nitrogênio é um elemento essencial à vida. A sua ciclagem nos diferentes ecossistemas aquáticos vem sofrendo profundas transformações graças à ação do homem. Dessa forma, é muito importante que o ciclo biogeoquímico do nitrogênio na natureza e, em particular nos ecossistemas aquáticos, deva ser muito bem compreendido.

Pinto-Coelho (2000) enfatiza, ainda, a importância do nitrogênio como sendo um elemento estrutural de praticamente todas as classes de compostos bioquímicos (proteínas, ácidos nucleicos, lipídeos, etc.). O nitrogênio volta ao pool abiótico via excreção de uréia, amônia ou ácido úrico, ou, então, por decomposição bacteriana e fúngica de cadáveres. Por ação bacteriana, é rapidamente oxidado de nitrogênio albuminóide a amônia, nitrito e nitrato. (p. 217-218).

Segundo Von Sperling (1996), o nitrogênio é um componente de grande importância em termos da geração e do próprio controle da poluição das águas.

Assim, o nitrogênio quando presente em pequena quantidade atua como um fator limitante na produção primária dos ecossistemas aquáticos, já que é um nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas, que são chamados de produtores primários. Desta forma é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos principalmente pela formação da proteína

através dos aminoácidos, por sua vez constituídos do grupo amina (NH), que são à base dessa macromolécula.

O nitrato ocorre naturalmente em águas subterrâneas, mas a sua presença em concentrações elevadas é geralmente resultante da atividade antrópica, dentre elas se destacam principalmente a aplicação de fertilizantes orgânicos e inorgânicos e o uso de sistemas de saneamento in situ. As substâncias nitrogenadas dos fertilizantes e dos resíduos orgânicos são transformadas e oxidadas por reações químicas e biológicas e o resultado é a presença de nitrato no solo. Sendo o nitrato extremamente solúvel em água, move-se com facilidade e contamina a água subterrânea (BARBOSA, 2005).

1.5 - Nitrato no mundo

Um grande número de ânions inorgânicos tem sido encontrado em concentrações potencialmente nocivas em inúmeras fontes de água potável. Destes o nitrato (NO₃⁻) é uma preocupação ambiental em escala global(...) é possivelmente o contaminante mais difundido na água subterrânea do mundo resultando numa séria ameaça para o abastecimento de água potável (HOU et al., 2015; SINGH et AL., 2015; (BHATNAGARA E SILLANPAAB, 2011; GANESAN et AL.; 2013).

Segundo Alaburda e Nishihara (1998, p.162), o “aumento da contaminação das águas por compostos nitrogenados vem merecendo atenção especial, uma vez que está se tornando um problema mundial”.

Fica evidente que as águas subterrâneas que cada vez mais estão sendo utilizadas para abastecimento das comunidades rurais e industriais. Isto claro devido a sua disponibilidade, acessibilidade e abundância.

Na China e Espanha, essa contaminação ocorre principalmente por fontes difusas, com um aumento considerável de nitrato nas águas subterrâneas devido às práticas agrícolas. Em países subdesenvolvidos, a contaminação ocorre por fontes pontuais em decorrência da disposição inadequada de resíduos e efluentes de atividades industriais e domésticas (TORRES, 2011).

No entanto, nos últimos anos, as atividades industriais e agrícolas têm aumentado consideravelmente, resultando na geração de poluentes tóxicos, tais como ânions inorgânicos, íons metálicos, substâncias químicas e orgânicas sintéticas (BARTUCCA et. al., 2016; BHATNAGARA E SOLLANPAAB, 2011).

Na Alemanha, o valor da água mineral é de acordo com o conteúdo de nitrato presente. Quanto menor a quantidade deste íon, mais cara é a água. Recentemente em site de notícias sobre política, economia e sociedade da Alemanha, o diretor da Associação Nacional do Setor Hídrico e de energia (BDEW), Martin Weyand afirma, *“Os alemães deverão ter que pagar bem mais caro pela água potável nos próximos anos, segundo empresas alemãs de abastecimento de água. Isso porque, nas últimas décadas, houve dispersão excessiva de esterco e adubos minerais em pastos e campos agrícolas.”*

E ele continua: *“por causa do conseqüente aumento de nitrato, o tratamento e a purificação da água potável se tornam cada vez mais difíceis e dispendiosos”*. Weyand frisa: *“a lei sobre fertilizantes precisa ser revista e reforçada”*.

A BDEW publicou em janeiro/18 uma avaliação em que a complexa eliminação do nitrato poderia significar um aumento de 62% na conta d'água em algumas regiões.

Weyand ainda complementa: *“Devemos reconhecer que o nitrato auxilia no crescimento das plantas, porém, níveis elevados levam a contaminações e influenciam negativamente a diversidade biológica das águas...”*. E ele continua: *“Os nitratos em si não são perigosos para o ser humano, mas podem se transformar em nitritos, que podem bloquear o transporte de oxigênio no sangue. Também há suspeitas de que os nitritos sejam indiretamente responsáveis pelo desenvolvimento de câncer.”*

A Directiva da União Europeia para os níveis de nitrato para os seguintes países membros a Alemanha, Áustria, Finlândia, Grécia, Finlândia, Irlanda, Luxemburgo, Portugal e Suécia não foram detectadas águas superficiais com teores de nitratos superiores a 50 mg/l.

“A nova Directiva relativa à proteção das águas subterrâneas (2006) confirma que as concentrações de nitratos não devem exceder 50 mg/l. Alguns Estados-Membros estabeleceram os seus próprios limites, mais rigorosos, tendo em vista a boa qualidade de água da União alcancem uma qualidade adequada até 2015” (UNIÃO EUROPEIA, 2010).

A União Europeia afirma: *“A agricultura continua a ser a principal fonte dos problemas relacionados com a água, pelo que os agricultores devem continuar a adotar práticas mais sustentáveis. Há que concentrar ainda maiores esforços no sentido de restabelecer ao máximo a qualidade das águas em toda a União Europeia”* (UNIÃO EUROPEIA, 2010).

“Dados oficiais do governo alemão dão conta de que cerca de um terço dos pontos de medição na Alemanha apontaram níveis de nitrato acima do limite válido no país, de 50 miligramas por litro” DW – notícias da Alemanha.

Shalev et al. (2015) discutem sobre a contaminação por nitrato de aquíferos superficiais que representa um grande desafio no desenvolvimento de uma agricultura sustentável, particularmente em regiões semiáridas, onde a água subterrânea também é utilizada como água potável.

O estudo de Shalev aponta que a progressiva contaminação de nitrato em aquíferos rasos da região árida do Central Arava Valley (CAV), Israel. Nas últimas duas décadas, as concentrações de nitratos nestes aquíferos superficiais aumentaram de 50 ppm. O (CAV) faz parte do Rift Valley do Mar Morto. Esta região extremamente árida é caracterizada por temperaturas de dia de verão atingindo 45°C.

2 - Disponibilidade hídrica

Em termos do uso das águas superficiais, os países apresentam-se em condições distintas, onde alguns têm uma maior reserva como o Brasil, com consumo relativo baixo, e outros têm um maior consumo, embora sua reserva seja pequena (tabela – 2).

Segundo dados da ONU (2001), o Brasil detém 13,3% de todas reservas hídricas da Terra, com 180.000m³/s, o que representa uma disponibilidade hídrica de cerca de 47.000m³/habitante/ano. Ocorre, porém, que essa riqueza não está distribuída uniformemente, ocorrendo regiões críticas (tabela -3)

Tabela 2 – Exemplos de disponibilidade (Reservas) e consumos de água de alguns países

País	Reserva (m ³ /hab/ano)	Reserva classificação	Consumo classificação	Consumo (m ³ /hab/ano)
Brasil	47.000	Rico	Baixo	100 e 500
EUA	10.000	Suficiente	Alto	1.000 e 2.000
França	3.300	Suficiente	Moderado	500 e 1.000
China	2.000	Suficiente	Baixo	100 e 500
Israel	Menor que 500	Muito pobre	Baixo	470

Fonte: Águas doces do Brasil – (REBOUÇAS et al., 2003)

Tabela 3 - Disponibilidade hídrica em alguns estados do Brasil

Estado	Disponibilidade hídrica social - classificação	Disponibilidade hídrica social – (m ³ /hab/ano)	Consumo per capita(m ³ /hab/ano)
Maranhão	Rica	16.226	61
Rio Grande do Sul	Rica	19.792	1015
Paraná	Rica	12.600	189
Minas Gerais	Rica	11.611	262
Piauí	Suficiente	9.185	101
Rio de Janeiro	Suficiente	2.189	224
São Paulo	Suficiente	2.209	373
Rio Grande do Norte	Pobre	1.654	207
Alagoas	Pobre	1.692	159
Paraíba	Critico	1.394	172
Pernambuco	Critico	1.270	268

Fonte: Águas doces do Brasil – (REBOUÇAS et al., 2003).

2.1 – Escassez hídrica

Em nosso planeta a água disponível para abastecimento público é apenas 0,8%. Desta pequena fração, apenas 3% apresentam-se na forma de água superficial, de extração mais fácil. Esses valores ressaltam a grande importância de se preservar os recursos hídricos na Terra, e de se evitar a contaminação da pequena fração mais facilmente disponível (VON SPERLING, 1996).

A escassez de água é um problema mundial. Esta cada vez mais difícil encontrar água ainda mais de qualidade, seja para uso doméstico ou na irrigação. Pois nossos rios viraram grandes depósitos de lixo e poluentes.

Recentemente, a sociedade brasileira tem voltado o foco para questão hídrica devido a sua escassez que acentuou a partir de 2014 em grandes centros urbanos como o ocorrido na cidade de São Paulo. Interessante que há anos o interior do nordeste brasileiro já enfrentava anos afincos esta crise e isto era visto como uma questão de geoclimática, sócio cultural normal do sertão nordestino. O mesmo pôde ser observado na região do Jequitinhonha e vale do Mucuri semi-árido do sertão. Porém, a escassez hídrica ao atingir a grande metrópole de São Paulo mudou o foco não somente para os reservatórios superficiais como açudes e represas, mas para os aquíferos de reserva.

Os dados do relatório de conjuntura dos recursos hídricos no Brasil de 2015 mostram que no interior do nordeste brasileiro existem cerca de 800 municípios. Estes municípios abrangem 10 milhões de pessoas que não dispõem de corpos hídricos receptores para o sistema de diluição de seus esgotos. Isto corresponde a 25% da população desta região.

No mesmo relatório, aponta que na região sudeste do País onde se concentra 60% da população, também tem baixa ou ruim, qualidade de diluição, de seus efluentes muito abaixo dos corpos receptores, estamos falando de cerca de 50 milhões de pessoas. Significando que não tratam seus esgotos. Isto também corrobora para elevada concentração do íon nitrato nestes corpos d'água.

Esta escassez hídrica tem tudo a ver com a contaminação por nitrato. Essa espécie de nitrogênio tende a concentrar-se nestes mananciais durante períodos mais secos. E não existe sistema viável de tratamento de água sob o ponto de vista financeiro, para abastecimento, que possa remover este íon nitrato nos sistemas de abastecimento público.

2.2 - Aqüíferos de reserva e contaminação por nitrato no Brasil

O nitrogênio chega aos corpos d'água através da erosão nos solos, oriundos da fertilização agrícola e também pela decomposição natural da matéria orgânica biodegradável que podem estar presentes na água e solo.

O nitrato é a principal forma de nitrogênio associada à contaminação da água (RESENDE, 2002), segundo Resende, “outro fator importante é a capacidade de percolamento dos nitratos através das camadas de solo podendo causar contaminação dos lençóis freáticos”.

A presença do nitrogênio na forma de íons nitrato (NO_3^-) está cada vez mais presente em águas naturais e sua presença em água potável é adverso à saúde. Alaburda e Nishihara (1998, p. 161).

Em águas subterrâneas a contaminação destas por íon nitrato ocorre por aplicação de fertilizantes nas plantações associados ao cultivo do solo; esgoto humano em fossas, os chamados sistemas sépticos; contaminação dos cursos d'água por esgotos lançados sem devido tratamento e deposição atmosférica.

As principais fontes de contaminação por nitrato derivado de atividades humanas, atividades que potencializam o seu teor, nas águas subterrâneas são excrementos de animais; fertilizantes nitrogenados e efluentes domésticos não tratados. A aplicação de resíduos animais para fertilização do solo é uma fonte potencial de contaminação por nitrato em águas de muitos países. Também a criação de grandes quantidades de animais em confinamento (gado, suínos e cavalos) gera problemas de contaminação (BARBOSA, 2005).

O nitrato é considerado um contaminante de grande propagação em águas de superfície, devido a sua solubilidade. (PUCKETT 1995).

Atualmente, o nitrogênio tem grande participação na composição dos fertilizantes agrícolas onde a absorção do nitrato depositado no solo leva cerca de três dias. Durante este período, pode chover e carrear o nitrato presente nas camadas mais superficiais do solo, principalmente em áreas bem drenadas, onde os agricultores aplicam uma grande quantidade de fertilizante para assegurar uma absorção satisfatória para a planta cultivada. O nitrato restante, contido no fertilizante não absorvido, escoar por canais e córregos indo daí para as represas e lagos. O nitrato também pode percolar pelo solo até atingir os lençóis freáticos e rios usados como fonte da água potável.

“Embora o azoto seja um nutriente essencial para o crescimento das plantas e das culturas, em concentrações elevadas é prejudicial para as pessoas e para a natureza. A utilização de nitratos na agricultura, sob a forma de adubos orgânicos e químicos, tem sido a principal fonte de poluição das águas na Europa”. (UNIÃO EUROPEIA, 2010).

Quando falamos também dos aquíferos que também recentemente começaram a ter importância a partir da crise hídrica que o Brasil passou em 2014 e continua em alerta. Podemos dizer que estudos no Brasil específicos da contaminação dos aquíferos por nitrogênio são ainda bastante incipientes e até restritos.

Pois os estudos regionais são poucos e os que existem estão defasados. Daí a deficiência séria no conhecimento do potencial hídrico de seus aquíferos, seu estágio de exploração e a qualidade das suas águas.

Segundo Alaburda e Nishiara (1998, p.162) o “aumento da contaminação das águas por compostos nitrogenados e seus diferentes estados de oxidação é indicativo de contaminação do aquífero e de possíveis condições higiênicas sanitárias insatisfatórias”.

Em 2007 a Agência Nacional de Águas (ANA), realizou um estudo sobre o panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Este estudo avaliou além de outros parâmetros, a contaminação dos principais sistemas aquíferos brasileiros por nitrato. Os resultados revelaram que em grande parte dos aquíferos, as concentrações encontradas foram superiores ao limite estabelecido pelo Ministério da saúde na portaria nº 2.914/2011 que é de 10mgL^{-1} de N-NO^{-3} para consumo humano.

Existem técnicas de descontaminação das águas dentro do aquífero, com a injeção de produtos que provocam a desnitrificação, mas essas técnicas estão ainda no campo da pesquisa. O que as empresas concessionárias de água têm feito é mesclar águas contaminadas com outras em que a concentração de nitrato é menor, permitindo fornecer águas com teores de nitratos inferiores, caracterizados como não contaminadas (MELO et al., 2011).

3 - Normatização das águas no Brasil

3.1 - Política Nacional dos Recursos Hídricos – PNRH

Através do Congresso e sancionado pelo Presidente da República Federativa do Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos., regulamentado no inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

3.1.1 - Qualidade e classificação das águas lei 9433/77

A lei 9433 de 08 de janeiro de 1977, da Política Nacional dos Recursos Hídricos. Em seu artigo primeiro baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

3.2 - Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 020/86

A resolução CONAMA nº 020/86, dividiu as águas do território brasileiro em águas doces, salobras e salinas. De acordo com os usos previstos, foram criadas nove classes relativas à água doce. Nesta estrutura, classe especial pressupões os usos nobres, e a classe 4, os menos nobres (BARROS, 1995).

3.3 - Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 357/05

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através de sua resolução número 357, de 17 de março de 2005, em seu Art. 1º,

dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. (CONAMA, 2005, p. 1).

Essa resolução qualifica os corpos de água não somente no momento atual em que se encontram, mas, principalmente nos níveis de qualidade que deveriam ter a fim de atender às necessidades da comunidade, ou seja, visando à saúde e o bem-estar humano.

As classes de águas estabelecidas neste enquadramento objetivam facilitar a fixação e controle de metas que culminam na qualidade ambiental exigido para um corpo de água, isso é, visam à proteção da saúde e garantia de um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Essa resolução classifica três tipos de águas: águas doces, salobras e salinas que são, por sua vez, divididas em treze classes de qualidade. Já as águas doces se classificam em: classe especial, classe 1, classe 2 e classe 3 – todas destinadas ao abastecimento para consumo humano. O que muda entre essas classes é a forma de tratamento realizado e os limites permitidos para cada uma dessas classificações.

Dentro desta perspectiva, quando um corpo de água possui características que estejam em desacordo com o seu preponderante uso, devem-se estabelecer metas obrigatórias, intermediárias e finais de melhoria de qualidade dessa água. Para o CONAMA (2005, p. 5)

eventuais interações entre substâncias, especificada ou não nesta Resolução, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos, ressalvado o disposto no parágrafo 3º do artigo 34, desta Resolução.

E, ainda de acordo com o esse Conselho, a função de monitoramento e análises da água é de responsabilidade do poder público. E essas normas estão em consonância com o Ministério da Saúde, que

estabelece em seus capítulos e artigos, as responsabilidades por parte de quem produz a água, no caso, os sistemas de abastecimento de água e de soluções alternativas, a quem cabe o

exercício de “controle de qualidade da água “e das autoridades sanitárias das diversas instancias de governo, a quem cabe a missão de “vigilância da qualidade da água para consumo humano (Portaria, 518/2004).

Portanto, esse monitoramento deve ser constante para evitar que elementos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente cheguem ao abastecimento dos centros urbanos.

3.4 - Regulamentação CONAMA 020/86, 357/05 e 396/08 em relação ao nitrato

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 7º, inciso IX, do Decreto 88.351, de 1º de junho de 1983, e o que estabelece a Resolução CONAMA Nº 003, de 5 de junho de 1984.

Esta resolução do CONAMA de número 20, já limitava os valores de nitrato em águas salobras (águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰ e 30 ‰) e águas doces de classe 1,2 e 3 em 10mg/l.

Tanto o CONAMA (Resolução 357/2005) quanto o Ministério da Saúde (Portaria nº 518/2004), concordam e mantém inalterado o limite máximo, ou seja, de 10 miligramas de nitrato em um litro de água para as águas de classe 1, 2 e 3. Esse valor é extremamente elevado considerando a natureza geológica da maioria das províncias geológicas brasileiras e nunca foi apresentada por parte do governo federal uma justificativa clara da adoção de um limite tão elevado para os nitratos nas Resoluções do CONAMA. Se formos olhar as normas americanas e europeias iremos encontrar esse valor o que sugere que a norma brasileira simplesmente “copiou” valores usados em outras regiões do globo que já se encontravam com os seus aquíferos comprometidos com nitratos.

3.5 - Comparação dos avanços normativos: Fósforo versus Nitrato

O fósforo tem um papel importante para plantas e animais. Sendo um nutriente limitante importante como o nitrato podendo ir de nutriente à poluente. Portanto têm um papel também poluidor as águas superficiais. Como a legislação trata estes dois nutrientes limitantes e o comparativo entre as resoluções.

Ao analisarmos estes dois nutrientes sob a óptica legal, nitrato e fósforo , ou seja, um comparativo em relação às duas resoluções do CONAMA a 20/1986 e

357/2005 em relação ao limites de cada um nos corpos d'água de acordo com sua finalidade.

Novas alterações entre a resolução do CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986 e a resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 em relação ao fósforo um dos parâmetros utilizados para avaliação da qualidade da água, onde em 1986 seu limite não era enquadrado para corpos de águas doces, somente águas salobras de classe 1 e 2 para o limite máximo de 0,025 mg/LP.

Na nova resolução, revogada em 2005 passou a incluir os corpos de água doce, ainda dividindo-os estes limites em três parâmetros de classificação do teor de fósforo de acordo com o ambiente, ou seja: fósforo total (ambiente lêntico); fósforo total (em ambiente intermediário com tempo de residência entre 2 e 40 dias e tributários diretos de ambientes lênticos); fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários). Estes valores máximos seguem a respectiva ordem. Para classe 1: 0,020 mg/LP ; 0,025 mg/LP e 0,1 mg/LP; classe 2: 0,030 mg/LP , 0,050 mg/LP, 0,1 mg/LP ; classe 3: 0,050 mg/LP , 0,075 mg/LP , 0,15 mg/LP.

Observa-se que a Resolução CONAMA nº. 396 de 03 de abril de 2008, prevê que a máxima concentração permitida de nitrato para consumo humano em águas subterrâneas permanece sendo de 10mgN/L.

O valores de nitrato permaneceram os mesmos 10,0 mgN/L . Deixando evidente que a legislação brasileira não reconhece este nutriente como poluente ou um risco a saúde para valores abaixo deste. Apesar de estudos apontarem este potencial. Este valor ainda é preocupante para água destinada ao abastecimento humano.

Embora seja estabelecido o limite de 10 mg/L de nitrato para água destinada ao abastecimento humano, devido à capacidade do organismo em reverter o processo, produzindo nitrito por redução de nitrato, o uso contínuo de água contaminada por nitrato, mesmo em concentrações inferiores a estabelecida, pode trazer danos, devido o efeito cumulativo no organismo humano (MIGLIORINI, 2002).

3.6 - Alterações Normativas para limite máximo de nitrato

Esse sério risco do nitrato à saúde humana justifica a importância desta pesquisa no sentido de avaliar a qualidade da nossa água em relação ao íon nitrato e levar ao conhecimento dos órgãos reguladores de gestão das águas e meio ambiente

a necessidade de se rever o limite máximo tolerável de nitrato para abaixo, cujo valor máximo atual é de 10,0 mg/LN.

O Ministério da Saúde, afirma que:

estabelece em seus capítulos e artigos, as responsabilidades por parte de quem produz a água, no caso, os sistemas de abastecimento de água e de soluções alternativas, a quem cabe o exercício de “controle de qualidade da água “ e das autoridades sanitárias das diversas instancias de governo, a quem cabe a missão de “vigilância da qualidade da água para consumo humano (Portaria, 518/2004).

Portanto, esse monitoramento deve ser constante para evitar que elementos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente cheguem ao abastecimento dos centros urbanos.

[Porém destaco uma observação do texto “por parte de quem produz a água”, soa um tanto estranho. Note no texto a conotação de que o homem está produzindo a água e não o sistema hidrológico com toda sua complexidade já supracitada. Nós humanos somos um elemento deste processo. Desta forma seria melhor legislativamente e ecologicamente correto, “por parte de quem trata a água”].

É importante saber que o CONAMA concede uma abertura para alteração dos valores uma vez que “cabe aos órgãos ambientais competentes, quando necessário, definir os valores dos poluentes considerados virtualmente ausentes” (Resolução 357, p22, art. 39). Acredito que uma das maiores contribuições desse documento seria a de provocar uma discussão para a revisão dos valores de nitratos adotados nas três classes da Resolução 357 do CONAMA.

4 – Nitrato e saúde humana

4.1 – Nitrato sua entrada no organismo

Existem duas formas básicas de penetração do nitrato no sistema digestivo humano, uma mais atenuante que é em forma do próprio nitrato e convertido em nitrito pela ação das bactérias e a outra, com altíssimo potencial de toxicidade, é já na forma de nitrito.

Segundo Winton, citado por FERNÍCOLA e Azevedo (1981, p.242),

as crianças pequenas são mais suscetíveis que os adultos à formação de metahemoglobinemia, devido a fatores como: (a) sua ingestão total de líquidos por kg de peso corporal é cerca de 3 vezes maior que a do adulto; (b) secreção gástrica ácida incompleta e faz

com que o pH estomacal fique entre 5 e 7, o que permite a adaptação de bactérias redutoras de NO³⁻ à parte alta do trato gastrointestinal e assim o nitrito resultante é absorvido.

4.2 - Nitrato e a síndrome do bebê azul

Em relação à saúde, destaca-se Siqueira (2002), que cita que mais de 2.000 casos de metahemoglobinemia, com casos fatais em torno de 8%, foram descritos na literatura até 1970, e retrata a existência de diversos estudos, relacionando níveis elevados de nitrato em água de poços profundos com incidência de câncer gástrico.

A gravidade da presença do nitrito para o ser humano está no fato de esse íon impedir que o sangue absorva oxigênio de modo satisfatório, ocasionando, assim, a doença de metemoglobinemia ou síndrome do bebê azul.

As crianças pequenas, principalmente as menores de três meses de idade, são bastante suscetíveis ao desenvolvimento desta doença por causa das condições mais alcalinas do seu sistema gastrointestinal (OLIVEIRA et al., 1987), fato também observado em pessoas adultas que apresentam gastroenterites, anemia, porções do estômago cirurgicamente removidas e mulheres grávidas (BOUCHARD et al., 1992).

A principal preocupação de saúde em relação ao nitrato e nitrito é a formação de metahemoglobinemia, a chamada “síndrome do bebê azul”. O nitrato é reduzido a nitrito no estômago de lactentes, e o nitrito é capaz de oxidar a hemoglobina (Hb) para metemoglobina (metHb), que é incapaz de transportar oxigênio ao redor do corpo. O transporte reduzido de oxigênio se manifesta clinicamente quando as concentrações de metHb atingirem 10% ou mais das concentrações normais de Hemoglobina; a condição, chamada metemoglobinemia, causa cianose e, em altas concentrações, asfixia. O nível normal de metHb em crianças com menos de 3 meses de idade é inferior a 3% (World Health Organization, p.418, 2006) “tradução nossa”.

Águas com altas concentrações de nitrato, utilizadas no preparo de alimentos, são responsáveis pela incidência da cianose na população infantil, fazendo com que a criança se torne apática e sonolenta e a pele adquira uma coloração cianótica (azulada) (DACACH, 1979).

Aparentemente, todos os casos registrados de metahemoglobinemia têm envolvido crianças menores de seis meses de idade que sofrem com distúrbios gástricos (KROSS et al., 1993).

A hemoglobina é um pigmento presente nas hemácias cuja função é o transporte de gases, oxigênio que é transportado dos pulmões para os tecidos onde são liberados e trocados por gás carbônico, que são transportados até os pulmões onde são liberados. Fernícola e Azevedo (1981, p. 242) esclarecem:

Na sua molécula existem quatro átomos de ferro no estado de oxidação 2⁺. Sua forma oxidada (Fe³⁺) é a metemoglobina, um pigmento de cor marrom-esverdeada, que não transporta oxigênio. Portanto, a presença de metemoglobina em quantidades elevadas é incompatível com a vida.

Observe que não descarta a possibilidade de o adulto apresentar a doença. Pois, o pigmento da hemoglobina é alterado e não irá mais transportar o oxigênio, provocando a asfixia do doente. Freitas (2001, p.652) também destaca este fato.

Portanto, não está descartada a possibilidade de o adulto apresentar a doença. No adulto, o pigmento da hemoglobina é alterado e não irá mais transportar o oxigênio, provocando cansaço físico, cefaléia, fadiga, sonolência e outros sintomas.

Todos os estudos publicados em 2004 envolvendo a presença de nitrato em água consumida por animais e gestantes foram levantados por Manassaramet al. (2007). A conclusão preliminar desta pesquisa foi de que a toxicidade causada pelo nitrato em animais tem efeitos moderados em abortos, mortalidade neonatal, intoxicação materna e riscos ao sistema reprodutivo.

No que se referem aos seres humanos, pesquisas indicam que há indícios de relação entre a presença de nitrito na água para consumo e a incidência de aborto espontâneo, mau formação e problemas de desenvolvimento fetal. No entanto, os autores enfatizam que mais pesquisas devem ser desenvolvidas sobre os riscos advindos da presença do nitrato e do nitrito para reprodução e o desenvolvimento humano e animal. Manassaramet al. (2007) afirmam que é necessário e relevante as pesquisas que incluam o monitoramento e inspeção no que diz respeito à vulnerabilidade de contaminação dos corpos d'água.

Segundo (QUEIROZ, 2004), “no adulto, fontes de água potável contendo altas concentrações de nitrato apresentam um grande risco para a saúde pública e animal, embora não apresente relativa toxidez para os adultos, por ser rapidamente excretado pelos rins. Entretanto, concentrações maiores que 10 mg/L de nitrato, expresso como nitrogênio (NO₃-N), pode ser fatal para crianças com idades inferiores há seis meses e causar problemas na saúde dos animais”.

4.3 – Nitrato e câncer

Outro caso é a combinação do nitrito com aminas e amidas levando a formação de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas respectivamente. Tal processo pode realizar-se especialmente em meio ácido do suco gástrico, fazendo com que a ingestão de nitrato esteja associada a cânceres gastrointestinais Darolt, (2001). Também compartilhado por (COSTA, 2016 p.51) e (LI et al., 2015; MELO NETO et al., 2013 SHRIMALI e SINGH, 2001).

ALABURDA e NISHIHARA (1998, p. 161) enfatizam que:

O nitrato é um dos íons mais encontrados em águas naturais (...) seu consumo através das águas de abastecimento está associado a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metahemoglobinemia, (...) e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas.

Esses autores também alertam que “dentre as substâncias que podem constituir risco para saúde humana, incluem-se os compostos de nitrogênio nos seus diferentes estados de oxidação: (...) nitrito e nitrato” (p.161).

As nitrosaminas e nitrosamidas podem surgir como produtos de reação entre o nitrito ingerido ou formado pela redução bacteriana do nitrato, com as aminas secundárias ou terciárias e amidas presentes nos alimentos. O pH ótimo para a reação de nitrosaminação é entre 2,5 a 3,5 faixa semelhante à encontrada no estômago humano após a ingestão de alimentos. Tanto as nitrosaminas como as nitrosamidas estão relacionadas com o aparecimento de tumores em animais de laboratório (BIGUELINI e GUMY, 2012).

Alaburda e Nishihara (1998) reafirmam “torna-se importante à detecção dos derivados do nitrogênio para orientação quanto à necessidade de um tratamento prévio da água e para

levantamentos epidemiológicos em relação à metemoglobinemia e ao desenvolvimento de alguns tipos de câncer”.

O excesso de íon nitrato em água potável é preocupante (...) conforme pesquisas, pode ser responsável por causar câncer de estômago, e aumentar a probabilidade de câncer de mama em mulheres (BRAIR; CANN, 2011).

4.3.1 - Indicadores do Instituto Nacional de Câncer

“Dados do INCA (Instituto Nacional de Câncer) em 2010, apontam que o consumo elevado de alimentos contendo nitrato ou ingestão de água com alta concentração deste íon está relacionado com a incidência de Câncer de estômago”.

É importante ressaltar que o câncer do aparelho digestivo, particularmente o câncer no estômago, é uma forma dessa doença maligna relativamente comum na sociedade brasileira. Dados recentes do INCA apontam a estimativa para 2018 em relação ao câncer de estômago. Em relação à mortalidade para ambos os sexos é a terceira causa a nível mundial, com 723 mil mortes, 8,8% do total. No Brasil, ocorreram, em 2015, 9.132 óbitos por câncer de estômago em homens e 5.132 em mulheres (BRASIL,2017, INCA2018).

Estima-se que para o biênio 2018-2019, a ocorrência de 600 mil casos novos de câncer, para cada ano (INCA, 2018). Para esta estimativa de casos utiliza-se o método proposto por Black et. al. (1997). Esse método busca obter uma taxa de incidência de câncer para uma determinada região. Multiplicando-se a taxa observada de mortalidade da região pela razão entre os valores de incidência e mortalidade, ambas referentes ao período compreendido entre 2001 a 2014.

No Brasil, estimam-se 13.540 novos casos de câncer de estômago entre homens e 7.750 nas mulheres para cada ano do biênio 2018-2019 (INCA, 2018).

5 - Extração do nitrato da água

Algumas empresas já disponibilizam equipamentos que prometem a retirada do íon nitrato em água potável. Estas empresas utilizam equipamentos que vão promover a remoção do nitrato através de troca iônica¹, osmose reversa² ou desnitrificação biológica³. Ocorre que o investimento é muito alto para operacionalização de um sistema, ainda mais se pensarmos em grande escala.

Osmose é o nome dado ao movimento da água entre dois meios com concentrações diferentes de solutos separados por uma membrana semipermeável. Osmose é um processo físico-químico importante para sobrevivência das células. A água movimenta-se sempre de um meio menos concentrado em soluto (hipotônico) para um meio mais concentrado em soluto (hipertônico) com o objetivo de se atingir o equilíbrio em cada meio. Assim, tornando-os isotônicos, através de uma membrana semipermeável, ou seja, uma membrana cujos poros permitem a passagem de moléculas de água, mas impedem a passagem de outras moléculas.

1 – Troca iônica consiste na passagem de água contaminada por uma coluna preenchida com resina contendo grupos funcionais neutralizados por ânions de bases fortes, que são trocados pelo contaminante. No entanto, destaca (BARBOSA, 2005).”... a troca iônica requer um fornecimento contínuo de substâncias químicas”.

2 - Osmose Reversa é um processo de separação que usa pressão para forçar uma solução através de uma membrana que retém o soluto em um lado e permite que o solvente passe para o outro lado.

3 - Desnitrificação biológica é um processo amplamente utilizado para remoção de nitrato nas águas residuais. A utilização desta técnica para tratamento de água para abastecimento foi implementada recentemente na Alemanha e nos Estados Unidos, por exemplo, e apresenta diversas vantagens sobre os métodos de osmose reversa e troca iônica. Dentre os benefícios destaca-se a capacidade de remoção seletiva do nitrato, a conversão do poluente num composto inócuo (nitrogênio molecular), além de o custo benefício ser maior que nos outros processos (TORRES, 2011).

“Pesquisadores freqüentemente identificaram desnitrificação como o mais importante mecanismo de remoção do N Orgânico em zonas ribeirinhas” (Hill, 1996) “tradução nossa”.

A desnitrificação consiste na redução biológica dos nitratos ou nitritos a nitrogênio molecular em ambiente anóxico (ambiente biológico com pouco ou nenhum oxigênio dissolvido em que está presente nitrato e nitrito)(...) As bactérias utilizam o oxigênio dos nitratos e dos nitritos para metabolizar estruturas celulares. A bactérias desnitrificantes podem ser heterotróficas (utilizam carbono orgânico como sua fonte de carbono) ou autotróficas (utilizam carbono inorgânico como fonte de carbono) (FRANCO NETO, 2011; REZAEI et al., 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho serviu para mostrar que estamos sujeitos a uma contaminação silenciosa e com grande potencial na ingestão de água contendo íons nitrato. As vítimas em potencial são todos os seres humanos que utilizar da água para abastecimento, mesmo que esta água seja oriunda de sistemas de tratamentos. Sistemas estes que não dispõem de mecanismos para a extração deste íon NO_3^- . Por não apresentar qualquer característica que evidencie sua presença, seja odor, cor, turbidez, o nitrato não é detectável aos olhos do consumidor final. Seus malefícios não se manifestam de forma aguda mas sim, após anos e anos na ingestão de pequenas doses diárias, passando assim despercebido seus efeitos no organismo adulto. Seja por tomarem água de poços artesianos, seja água engarrafada ou de sistema de tratamento de diversas cidades. Pois os sistemas usuais de tratamento não têm como retirar o nitrato da água.

É preciso que sejam investidos mais recursos para viabilizar melhor os estudos e investimentos em equipamentos para grande escala que possam retirar os íons nitrato da água destinada ao abastecimento das comunidades.

Este trabalho deveria ser de interesse a todos que como usuários buscam e empresas e governos que fornecem este recurso hídrico para dessedentação humana.

O governo federal através de sua Agência Nacional das Águas deveria providenciar a parceria com Universidades e empresas responsáveis pelo gerenciamento de abastecimento urbano ou rural. Esta parceria seria para investimento em pesquisas e parcerias junto a empresas e universidades para em conjunto buscarem de forma mais rápida e técnica um modo eficaz a baixo custo para remoção do íon nitrato no processo de tratamento de água destinada ao abastecimento. Juntamente com a Academia viabilizaria uma solução a custo mais baixo que não impactaria de forma significativa no preço final.

Sugestões e Recomendações aos gestores das águas no Brasil

1) Para melhorarmos ou controlarmos esta presença do nitrato nos cursos d'água é preciso investimento em saneamento básico principalmente no que se refere ao tratamento do efluente e retorno deste para o curso normal e natural sem que apresente alterações significativas da classe de acordo com o que prevê o CONAMA357 referente às condições dos corpos d'água ao lançamento de efluentes de uma dada comunidade.

2) Revisão do CONAMA 357 no sentido de diminuir os limites máximos de concentração de nitratos em águas superficiais e em aquíferos.

3) Propomos também uma melhor regulação e fiscalização quanto ao uso de fertilizantes na agricultura. Monitoramento do uso e da qualidade da água dos aquíferos.

4) Recomendamos a ampliação do monitoramento dos nitratos nos aquíferos. Os municípios em geral são os responsáveis pelo serviço de saneamento e abastecimento de água. Sendo assim, eles devem adotar medidas de prevenção para mitigar ou eliminar a presença de nitrato nos mananciais.

5) Recomendamos maiores esforços nas análises de séries de dados de longa duração (>10 ANOS) disponíveis em relação a identificação de tendências de longo prazo no aumento das concentrações de nitratos em águas superficiais.

6) Intensificar os estudos epidemiológicos associando as neoplasias do estômago com a incidência de maiores concentrações de nitratos em diferentes regiões do Brasil.

7) Financiamento de estudos voltados ao desenvolvimento de novas técnicas de despoluição das águas com o nitrato, particularmente nas regiões semi-áridas e aquelas onde é intenso o uso de águas provenientes de aquíferos, tais como o nordeste e as cidades servidas por aquíferos. Estudos devem ser focados nos riscos efetivos à saúde humana da exposição prolongada aos nitratos e também estudos voltados ao desenvolvimento de equipamentos que possam retirar este íon da água destinada ao abastecimento das cidades.

Esta ação deve ser multidisciplinar envolvendo setores acadêmicos como Hidrologia, Ecologia, Engenharia, Assistente Social, Medicina e Saúde Pública conjuntamente com a Sociedade Civil e também a iniciativa privada e agentes do Governo Federal. Esta parceria é importante para detectar as fontes de poluição e estabelecer de fato o que se entende por qualidade de água com seus padrões de potabilidade, em acordo, com a Portaria nº2. 914 do Ministério da Saúde. Em suma com a melhoria dos serviços de saneamento básico nos municípios e tratamento dos esgotos domésticos, comerciais e industriais antes do retorno do efluente para o curso d'água já será uma melhora sensível na diminuição do íon nitrato no ecossistema aquático e a sociedade civil deve ser uma grande parceira atuante junto aos órgãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2005. 123P.

ALABURDA, Janete; NISHIHARA, Linda. Presença de compostos de nitrogênio em águas de ocos. *Rev. Saúde Pública*, São Paulo, v. 32, n.2, Apr. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_artex&pid=s0034-89101998000200009&ing=en&nm=iso>. Acesso em 05/11/2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil e Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Brasília, ANA. 2007. 124p.

APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. American Public Health Association. Washington, DC, 1998. Disponível em: https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf. Acesso em: 15/05/2018.

AYACH, R. Lucy. 2007. Concentrações de nitrato nas águas freáticas da Cidade de Anastácio (MS) e suas implicações ambientais. *Climatologia e estudos da paisagem*. Vol.2,n.2. Rio Claro.p.4. disponível em: <http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/climatologia/article/view/file/804/955>. Acesso em 04/11/2017.

BAIRD, C.;CANN,M. Química ambiental. 4. Ed. Porto alegre: Bookman, 2011.

BARBOSA, C.F. Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em água subterrânea no bairro Piracema, Seropédica – RJ. 2005. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de campinas, Campinas. Disponível em:<HTTP://www.bibliotecadigital.unicamp.br>. Acesso em 21/11/2017.

BARROS, R.T.V et AL. Saneamento. Belo Horizonte: escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p (Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios).

Biotec. Soluções em tratamento de águas. Disponível em: <http://biotecsan.com.br/nitrato.php>. Acesso em 14/02/2018.

BOUCHARD, D.C.; WILLIAM, S.M.K.; Nitrate contamination of groundwater; sources and potential health effects. Journal of the American Water Works Association. 1992. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000119&pid=S1413-8123200300040002300007&lng=pt. Acesso em: 22/06/2018.

BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em 04/11/2017.

BRASIL. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 dezembro de 2011. Disponível em: http://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com_gmg&controller=document&id=8014. Acesso em 16/10/2017.

BRASIL. Ministério da saúde – Fundação Nacional de Saúde. Portaria nº 1.469 de outubro de 2001. Controle da Vigilância da Qualidade da água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_1469.pdf>. Acesso em 12/02/2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004. Série E. Legislação de Saúde. Disponível em: <[www://dtr2001.Saúde.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518](http://www.dtr2001.Saúde.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518)>. Acesso em 12/11/2017.

BRUNING-FANN, C.S.; KANEENE, J. B. The effects of nitrate, and n-nitroso compounds on human health. *Veterinary Human Toxicology*, v. 35,n.3, p.270-272, 1993.

CAMPBELL, M.K. *Bioquímica*. 3º Edição, Editora Artmed, Porto alegre, 2006, capítulo 18-19.

CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL; DISPONÍVEL EM: http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_2015.pdf/view ; file:///C:/Users/asus/Downloads/provisorio%20para%20deletar/conjuntura_informe_2015.pdf ; Acesso em: 12/04/2018.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. Disponível em: <<http://copasa.com.br>> Acesso: em 16/10/2017.

MARTIN, WEYAND; Contaminação por nitrato deve encarecer água na Alemanha; Notícias Alemanha;17/08/2017; disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/contamina%C3%A7%C3%A3o-por-nitrato-deve-encarecer-%C3%A1gua-na-alemanha/a-39999044>. Acesso em 06/03/2018.

COSTA, D. D.; KEMPKA, A. P; SKORONSKI,E. A contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: O panorama do problema no Brasil, suas conseqüências e as soluções potenciais. *Revista eletrônica do PRODEMA*. Disponível em: www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/338/105. Acesso em 16/10/2017.

DACACH, N. G. *Sistemas urbanos de água*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979. 490p.

DAROLT, Moacir Roberto. A Qualidade do alimento orgânico é superior ao convencional? *Planeta Orgânico*, Março de 2001. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/trabdarnut1.htm> > Acesso em 15/11/2017.

ESTEVES, F. ASSIS. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 575p.

FERNICOLA, Nilda G.Gándara de; AZEVEDO, Fausto Antonio de. Methemoglobin and nitrate levels in drinking water. *Rev. Saúde Pública*, São Paulo, v.15, n. 2, Apr. 1981. Disponível em: <http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101981000200009&lng=en&nrm=iso> Acesso em 05/11/2017.

FRANCA, R.M.; FRISCHKORN, H.. SANTOS, M.R.P.; MENDONÇA, L.A.R.; BESERRA, M.C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte/CE.

Engenharia Sanitária Ambiental, 2006. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522006000100012.
Acesso em 15/06/2018.

FREITAS, M. BESSA de; BRILHANTE, O. MAGNO e ALMEIDA, LIZ MARIA de.
Importância da análise de água para saúde pública em duas regiões do estado do Rio
de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Cad. Saúde Pública*. Vol
17 n.3 junho 2001. Disponível em:
<http://www.scielo.php?script=sci_arttext&pid=50102-311x2001000300019.

Hill, A. R.; Nitrate Removal in Stream Riparian Zones. *J. Environ. Qual.*25: 743-755
(1996). Disponível em:
<https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/25/4/JEQ0250040743>. Acesso
em 15/03/2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico
2007: contagem da população. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/contagem>
2007/contagem_final/tabela1_1_17.pdf> Acesso em 24/01/2018.

LITER – Tecnologia em Purificação disponível em: <https://liter.com.br/o-que-e-o-nitrato/>. Acessado em 14/02/2018.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA.
Incidência de Câncer no Brasil estimativa, fevereiro 2018. Disponível em:
<http://www.inca.gov.br/estimativa/2018/referencias.asp>.

JÚNIOR, A. P. Saneamento do meio. FUNDACENTRO. Universidade de São Paulo,
Faculdade de Saúde Pública. Departamento de Saúde Ambiental. 1982.

JÚNIOR, Cid A. Moraes. Efeitos da presença de nitrato (NO₃⁻) na água potável de Belo
Horizonte, MG: conseqüências à população e ao bio-sistema. Belo Horizonte, 2009.
Monografia – Ciências Biológicas, Faculdades Integradas de Jacarepaguá.

KROSS, B. C; HALLBERG, D. R. B.; CHERRYHOLMES, K.; JOHNSON, J. K. The
nitrate contamination of private well water in Iowa. *American Journal Public Health*,
v.83, p270-272, 1993.

MACKERETH F. J. H.; TALLING J. F., *Water analysis: some revised methods for
limnologists*. 1978. 120p. (freshwater biological association: scientific publication, 36).

MANASSARAM, Deana M.; BACKER, Lorraine C. and MOLL, Deborah M. A review of
nitrates in drinking water: maternal exposure and adverse reproductive and
developmental outcomes. *Ciênc. Saúde coletiva* [online]. 2007, v. 12, n. 1, pp. 153-
163. ISSN 1413-8123. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-
81232007000100018&script=sci_arttext...](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-81232007000100018&script=sci_arttext...)> acesso em 12/12/2017.

MIGLIORINI, R.B.; Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos: Estudo do Cemitério Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo. São Paulo: USP, 1994. 74 p. (Dissertação -Mestrado em Hidrogeologia).

Ministério do Meio Ambiente. Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Disponível em : <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>. Acesso em 20/05/2018.

Hill, R. Alan. Nitrate Removal in Stream Riparian Zones. J. Environ. Qual., VOL. 25, July- August 1996. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.465.8808&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em 23/05/2018.

OLIVEIRA, J.J.V.; VALILI, M.I.; PEDRO, N.A.R.; ZENEBO, O. Estudo comparativo de métodos para determinação de nitrato em águas naturais. Revista do Instituto Adolfo Lutz, n.47. São Paulo, 1987. p.25-30.

PINHO, O.; FERREIRA, I.M.P.L.V.O.; OLIVEIRA, M.B.P.P.; FERREIRA, M. A. FIA evaluation of nitrite and nitrate contents os liver patês. Food Chemistry, v.62, n.3, p. 359-362, 1998.

PINTO-COELHO, Ricardo Motta. *Fundamentos em Ecologia*. Porto Alegre: ARTMED, 2000. 252p.

PUCKETT, L. J. Identifying the major sources of nutrient water pollution. Environmental Science & Technology, v.29, n.9 p. A 408-A 414, 1995.

São Paulo. Norma Técnica Alimentar. Decreto Estadual 12.486 de 20 de outubro de 1978. Disponível em: <<http://www.hidrolabor.com.br/NTA60.pdf>> acesso em 15/12/2017.

São Paulo. Portal Uol; BBC-Meio Ambiente. Na Índia 80% do esgoto é despejado nos rios do país sem tratamento.

Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2013/03/05/na-india-80-do-esgoto-e-despejado-nos-rios-do-pais-sem-tratamento.htm>. Acesso em 12/06/2018.

SALVATO, J. A. Environmental engineering and sanitation. New York: John Wiley & Sons. p 583. 1992.

Shalev, N.; Burg, A.; Lazar, B. 2015. Nitrate contamination sources in aquifers underlying cultivated fields in an arid region e The Arava Valley, Israel. Applied Geochemistry 63 (2015) 322 – 332. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2017/01/05/notas-sobre-contaminacao-de-nitrato-em-aquiferos-em-zonas-agricolas-de-climas-semiaridos-aridos-artigo-de-carlos-augusto-de-medeiros-filho/>. Acesso em: 16/06/2018.

SIQUEIRA, W.S.; ANJOS, G.C.; SOUZA, E.L. Avaliação preliminar dos riscos potenciais de contaminação das águas subterrâneas por postos de combustíveis. In: Anais Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, 12., Florianópolis, 2002. Florianópolis: ABAS, 2002. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/27824413/panorama-do-enquadramento/34>. Acesso em 25/06/2018.

SPENGLER J. D., BRAUER M., SAMET J. M. LAMBERT W.E. Nitrous Acid in Albuquerque, New México, Homes. *Environment Science Technology*, v. 27, p. 841-845, 1992.

TORRES, R. M. Remoção biológica de nitrato em água de abastecimento humano utilizando o endocarpo de coco como fonte de carbono. Natal, 2011. 42 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária. Disponível em: https://repositorio.ufm.br/jspui/bitstream/123456789/15978/2/RafaelMT_DISSERT_PARCIAL.pdf. Acesso em: 16/06/2018.

World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. Edition 2006. first addendum. Vol. 1, Recommendations. – 3rd ed. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/43428>. Acesso em: 23/05/2018.

World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. Geneva, edition 2008. first addendum. Vol. 1, Recommendations. – 3rd ed. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf. Acesso em: 23/05/2018.

UNIÃO EUROPÉIA; A Directiva < Nitratos > da União Européia; janeiro de 2010; disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/nitrates/pt.pdf>. Acesso em: 02/02/2018.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2.ed. Belo Horizonte: SEGRAC, 1996. 243p.